

# PENGEMBANGAN MODUL AJAR PADA PERKULIAHAN THERMODYNAMIKA UNTUK MENINGKATKAN PENGUASAAN KONSEP SISTEM THERMODYNAMIKA

Ana Silfiani Rahmawati<sup>1\*</sup>, Ida Hamidah<sup>2</sup>, Achmad Samsudin<sup>3</sup>

<sup>2,3</sup> Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

<sup>1</sup> Pendidikan Fisika, Universitas Flores, Indonesia

\* e-mail: [anasilfiani22@upi.edu](mailto:anasilfiani22@upi.edu)

## ABSTRAK

Termodinamika adalah cabang ilmu fisika yang mempelajari perubahan energi, panas, dan kerja dalam suatu sistem. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan, dimana yang dikembangkan adalah modul ajar. Penelitian ini menggunakan model 3D+1I (*Defining, Designing, Developing, and Implementation*). Hasilnya menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan sangat valid dengan rata-rata penilaian sebesar 85% dan praktis untuk digunakan. Penelitian ini merupakan penelitian awal yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

**Kata Kunci:** Modul Ajar, Termodinamika, Penguasaan Konsep.

## ABSTRACT

*Thermodynamics is a branch of physics that studies changes in energy, heat and work in a system. This research is development research, where what is developed is a teaching module. This research uses the 3D+1I (Defining, Designing, Developing, and Implementation) model. The results show that the module developed is very valid with an average rating of 85% and is practical to use. This research is initial research that can be used to develop further research.*

**Keywords:** Teaching Module, Thermodynamics, Mastery of Concepts

## PENDAHULUAN

Termodinamika adalah salah satu cabang utama dalam ilmu fisika. Termodinamika berurusan dengan studi tentang energi, perubahan energi, dan bagaimana energi berinteraksi dengan materi. Oleh karena itu, termodinamika merupakan bagian penting dalam disiplin fisika yang membahas sistem makroskopik dan perilaku energi dalam sistem tersebut. Termodinamika tidak hanya merupakan teori yang mendasar, tetapi juga memiliki aplikasi praktis yang luas dalam berbagai bidang. Termodinamika merupakan mata kuliah wajib yang diberikan pada mahasiswa calon guru fisika di program studi pendidikan fisika. Termodinamika adalah cabang ilmu fisika yang mempelajari perubahan energi, panas, dan kerja dalam suatu sistem. Kata "termodinamika" berasal dari bahasa Yunani, di mana "thermo" berarti panas, dan "dynamis" berarti gerakan atau kekuatan. Termodinamika mencakup prinsip-prinsip dasar yang mengatur perpindahan energi dalam berbagai bentuk, termasuk energi panas, energi mekanik, energi listrik, dan energi kimia. Hukum termodinamika merupakan aturan fundamental dalam termodinamika yang ditemukan melalui observasi dan

eksperimen. Terdapat tiga hukum termodinamika utama yang dikenal sebagai Hukum Termodinamika Pertama, Hukum Termodinamika Kedua, dan Hukum Termodinamika Ketiga. Termodinamika memiliki banyak aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk fisika, kimia, teknik mesin, teknik kimia, dan ilmu material. Dalam praktiknya, termodinamika digunakan untuk memahami dan merancang sistem seperti mesin, pembangkit listrik, pendingin, dan reaksi kimia.

Kata penguasaan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) online mempunyai arti sebagai pemahaman atau kesanggupan dalam menggunakan pengetahuan, kepandaian, dan lain sebagainya. Kata konsep mempunyai arti sebagai ide atau pengertian yang bersifat abstrak dari peristiwa, gambaran mental dari objek, proses, maupun yang ada diluar bahasa yang digunakan oleh akal budi untuk memahami hal lainnya. Menurut Novak (Liliasari, 2002) konsep merupakan gambaran mental dari gejala alam yang ruang lingkupnya luas tentang keteraturan suatu kejadian atau objek yang dinyatakan dalam label. Konsep juga mempunyai arti sekumpulan atribut atau karakteristik umum sebuah contoh dari kelompok tertentu atau karakteristik yang menjadikan suatu bagian menjadi contoh dari sesuatu yang membedakan dari non-contoh (Liliasari, 2002). Konsep dapat membantu mengklasifikasi, menganalisis, menghubungkan atau menggabungkan, dan membentuk struktur dasar dari mata pelajaran di sekolah (Amin, 1987).

Modul ajar adalah suatu buku atau bahan materi yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri dengan atau tanpa bimbingan seorang guru, oleh karena itu modul ajar harus memuat seluruh komponen dasar dari materi yang akan dibahas. Modul ajar harus dapat dengan mudah digunakan oleh peserta didik. Penggunaan modul pembelajaran dalam pendidikan fisika juga diharapkan dapat membantu siswa meningkatkan kemahirannya melalui tujuan pembelajaran, gambaran materi, latihan terstruktur, latihan yang harus diselesaikan, dan kunci jawaban (Siung et al., 2023)

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa siswa masih berupaya untuk memahami konsep termodinamika. Henderson et al., (2008) melaporkan bahwa beberapa peserta didik merasa kesulitan untuk menerapkan hukum gas ketika ada tiga perubahan variabel. Mahasiswa masih memiliki kesalahpahaman dalam menentukan tekanan dalam wadah pada temperatur yang berbeda (Kautz et al., 2005) menentukan fenomena isobarik (Paosawatyanyong & Wattanakasiwich, 2010) dan menentukan temperatur pada proses kompresi adiabatik (Erceg et al., 2016). Mahasiswa juga belum menguasai konsep usaha, kalor dan energi dalam yang ditunjukkan pada diagram PV (Loverude et al., 2002). Mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam menguasai hukum kedua termodinamika, terutama jika menyangkut mesin. Beberapa mahasiswa mengalami kesulitan dalam menerapkan hukum kedua termodinamika untuk mengidentifikasi mesin yang bekerja berdasarkan diagram mesin yang disajikan (Cochran & Heron, 2006). Selain itu, siswa masih perlu berlatih manipulasi persamaan matematika efisiensi termal dan mesin kulkas (Smith et al., 2015). Karena inilah perlu adanya modul ajar yang dikembangkan yang dapat merangkum tentang konsep pada sistem termodinamika, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada sistem termodinamika

## **METODE**

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan, dimana yang dikembangkan adalah modul ajar. Penelitian ini menggunakan model 3D+1I (*Defining, Designing,*

*Developing, and Implementation*). Setelah modul ajar dibuat, maka diimplementasikan ke mahasiswa. Rangkaian prosedur dan metode untuk menganalisis data yang akan menjadi variabel untuk penelitian ditentukan oleh pemilihan desain studi (Hung & Tsai, 2020). Subjek penelitian terdiri dari 17 orang mahasiswa program studi pendidikan fisika dan 1 orang dosen termodinamika pada program studi pendidikan fisika.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Defening**

Penguasaan konsep dasar merupakan fokus utama pendidikan fisika. Indikator yang dimiliki seorang siswa sudah menguasai suatu konsep apakah ia mampu menerapkan konsep tersebut dalam berbagai jenis masalah. Namun, penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan untuk menerapkan beberapa konsep untuk memecahkan masalah (Doktor & Mestre, 2014; Lin & Singh, 2011). Satu konsep dasar yang sulit bagi siswa adalah konsep termodinamika (Sriyansyah & Suhandi, 2016).

### **Designing**

Modul ajar merupakan salah satu jenis perangkat ajar yang memuat rencana pelaksanaan pembelajaran, untuk membantu mengarahkan proses pembelajaran mencapai Capaian Pembelajaran (CP). Pengembangan modul ajar bertujuan untuk menyediakan perangkat ajar yang dapat memandu pendidik melaksanakan pembelajaran. Kriteria yang harus dimiliki modul ajar adalah: esensial; menarik, bermakna, dan menantang; relevan dan kontekstual; dan berkesinambungan. Modul ajar sekurang-kurangnya berisi tujuan pembelajaran, langkah pembelajaran (yang mencakup media pembelajaran yang akan digunakan), asesmen, serta informasi dan referensi belajar lainnya yang dapat membantu dalam melaksanakan pembelajaran. Pembuatan kerangka penyusunan modul berdasarkan panduan penyusunan bahan ajar dari Ristekdikti tahun 2017 yang meliputi pendahuluan; deskripsi singkat, relevansi dan capaian pembelajaran, penyajian; uraian materi, contoh soal, latihan soal, aktivitas interaktif, gambar, rangkuman, dan penutup; tes formatif, kunci jawaban, dan daftar pustaka. Pada tahap ini juga dilakukan pemilihan buku referensi serta penyusunan instrumen penilaian modul termodinamika yang terdiri dari lembar validasi modul untuk ahli materi dan ahli media, lembar kuesioner respon siswa serta pedoman wawancara.

### **Developing**

Secara garis besar modul ajar yang dikembangkan meliputi uraian materi yang mengarah pada kecakapan abad 21 yaitu berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi dan kolaborasi; aktivitas interaktif berbasis teknologi (Chan & Leung, 2014); dan video pembelajaran (Morain & Swarts, 2012). Setelahnya, modul tersebut dikonfirmasi oleh para ahli (ahli materi dan media). Adapun aspek yang dinilai meliputi aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian dan kelayakan linguistik serta kelayakan grafis dan media elektronik.

### **Implementation**

Pada fase implementasi, modul diuji atau diterapkan untuk melihat level kepraktisan modul. Tes modul dikerjakan oleh mahasiswa yang berjumlah 17 orang. Setelah menggunakan modul, mahasiswa diminta untuk mengisi kuesioner. Tujuannya adalah untuk melihat tanggapan mahasiswa terhadap modul yang sudah selesai

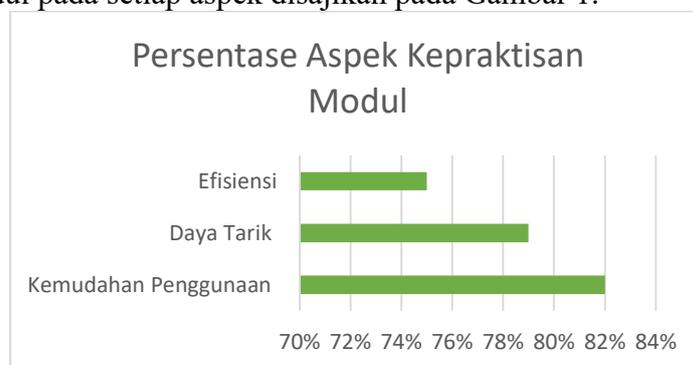
dikembangkan dari beberapa perspektif yaitu kenyamanan, daya tarik dan efisiensi. Selanjutnya, efektivitas modul berdasarkan hasil wawancara dengan dosen termodinamika yang mencakup manfaat Penggunaan modul, evaluasi dan fitur modul, serta kualitas modul.

Validitas modul yang dikembangkan didasarkan pada hasil penilaian yang dilakukan oleh para ahli. Hasil penilaian dari para ahli pada aspek kelayakan isi diperoleh persentase validitas sebesar 82%, sedangkan pada aspek kelayakan penyajian dan bahasa secara berturut-turut diperoleh persentase validitas sebesar 87% dan 92%. Pada aspek kelayakan grafis diperoleh 94% dan pada kelayakan media elektronik diperoleh 70. Skor rata-rata kelima aspek tersebut adalah 85%. Oleh karena itu, dmodul yang telah dikembangkan sangat valid. Data analisis validasi modul dari para ahli dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Para Ahli

No.	Aspek	Persentase	Kriteria
1	Kelayakan Isi	82%	Sangat Valid
2	Kelayakan Penyajian	87%	Sangat Valid
3	Kelayakan Linguistik	92%	Sangat Valid
4	Kelayakan Grafis	94%	Sangat Valid
5	Kelayakan Media Elektronik	70%	Valid
<b>Rata-rata</b>		<b>85%</b>	<b>Sangat Valid</b>

Kuesioner respon siswa digunakan untuk menganalisis kepraktisan modul yang dikembangkan. Kepraktisan modul ditinjau dari tiga aspek yaitu aspek kemudahan penggunaan, daya tarik, dan efisiensi. Pada aspek kemudahan penggunaan diperoleh persentase sebesar 82%, pada aspek daya tarik diperoleh persentase sebesar 79%, dan pada aspek efisiensi diperoleh persentase sebesar 75%. Dari ketiga aspek tersebut diperoleh skor rata-rata persentase sebesar 79%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa modul yang dikembangkan praktis untuk digunakan. Perbandingan persentase kepraktisan modul pada setiap aspek disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Presentase Kepraktisan Modul

Keefektifan modul yang dikembangkan dinilai berdasarkan hasil wawancara dengan dosen yang mengampu mata kuliah termodinamika. Dari hasil wawancara diketahui bahwa modul yang dikembangkan dapat membantu mahasiswa belajar secara mandiri,

sehingga meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang konsep sistem termodinamika”. Selain itu, dosen juga mengakui bahwa modul yang dikembangkan juga mencakup keterampilan abad 21 dan berpotensi meningkatkan keterampilan abad 21 karena modul tersebut mencakup bagian-bagian yang membimbing mahasiswa dalam berpikir kritis, kreatif, komunikasi dan kerjasama.

## **PENUTUP**

Penelitian yang dilakukan telah menghasilkan satu modul ajar yang digunakan untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada sistem termodinamika. Penelitian ini merupakan penelitian awal yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Meskipun modul ini sudah melalui tahapan validasi dan uji coba, perlu diakui bahwa pengembangan modul tersebut masih memiliki keterbatasan. Kesimpulan mengenai validitas, kepraktisan, dan efektivitas modul tersebut dalam mengembangkan kecakapan abad 21 masih terbatas pada subjek penelitian ini dan konteksnya. Oleh karena itu, disarankan bagi peneliti lain untuk menyelidiki pengaruh modul tersebut terhadap kecakapan abad 21 dengan menggunakan desain penelitian yang berbeda, misalkan penelitian eksperimen, dan dengan subjek penelitian yang lebih banyak.

## **Referensi**

- Amin, M. (1987). Mengajar IPA dengan Menggunakan Metode Discovery dan Inquiry Bagian I. Jakarta : Depdikbud
- Chan, K. K., & Leung, S. W. (2014). Dynamic geometry software improves mathematical achievement: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 51(3), 311–325. <https://doi.org/10.2190/EC.51.3.c>
- Cochran, M. J., & Heron, P. R. L. (2006). Development and assessment of research-based tutorials on heat engines and the second law of thermodynamics. *American Journal of Physics*, 74(8), 734–741. <https://doi.org/10.1119/1.2198889>
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>
- Ercceg, N., Aviani, I., Mešić, V., Glunčić, M., & Žauhar, G. (2016). Development of the kinetic molecular theory of gases concept inventory: Preliminary results on university students’ misconceptions. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020139>
- Henderson, C., Sabella, Mel., & Hsu, Leon. (2008). *2008 Physics Education Research Conference : Edmonton, Alberta, Canada, 23-24 July 2008*. American Institute of Physics.
- Hung, J. F., & Tsai, C. Y. (2020). The effects of a virtual laboratory and meta-cognitive scaffolding on students’ data modeling competences. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 923–939. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.923>
- Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Loverude, M. E., & McDermott, L. C. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective. *American Journal of Physics*, 73(11), 1055–1063. <https://doi.org/10.1119/1.2049286>
- Liliasari. (2002) Pengembangan Model pembelajaran Kimia Untuk Meningkatkan Strategi Kognitif Mahasiswa Calon Guru dalam Menerapkan Berfikir Konseptual Tingkat Tinggi (studi pengembangan berfikir kritis dan kreatif), Laporan penelitian hibah bersaing IX, 2002.

- Lin, S. Y., & Singh, C. (2011). Using isomorphic problems to learn introductory physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020104>
- Loverude, M. E., Kautz, C. H., & Heron, P. R. L. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 70(2), 137–148. <https://doi.org/10.1119/1.1417532>
- Morain, M., & Swarts, J. (2012). Yoututorial: A framework for assessing instructional online video. *Technical Communication Quarterly*, 21(1), 6–24. <https://doi.org/10.1080/10572252.2012.626690>
- Paosawatyanong, Boonchoat., & Wattanakasiwich, Pornrat. (2010). *International Conference on Physics Education : ICPE-2009, Bangkok, Thailand, 18-24 October 2009*. American Institute of Physics.
- Siung, M., Adrianus, N., & Yulius, D. P. (2023). Pengembangan Modul Ajar Dengan Pendekatan Kontekstual Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Materi Analisis Gerak Dengan Vektor. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika Vol. 7(2)*. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.2023>
- Smith, T. I., Christensen, W. M., Mountcastle, D. B., & Thompson, J. R. (2015). Identifying student difficulties with entropy, heat engines, and the Carnot cycle. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020116>
- Sriansyah, S. P., & Suhandi, A. (2016). Development of a representational conceptual evaluation in the first law of thermodynamics. *Journal of Physics: Conference Series*, 739(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/739/1/012125>